

# Gestor automàtic de places d'aparcament

David Fernández Saurí

**Resum**– L'Escola d'Enginyeria disposa d'un pàrquing privat per als professors, en el qual es desco-neix el nombre de places lliures que hi ha. D'aquesta manera, se'ns planteja el repte de controlar automàticament la disponibilitat del mateix. Un sistema que ens proporcioni una resposta de manera còmode i visible des de diferents punts del pàrquing. Aquesta eina facilitarà la decisió d'accedir o no al pàrquing i on aparcar, un cop siguem dins. Mostrant-nos informació en temps real a través de pantalles ubicades a cada una de les diferents zones. Per realitzar la detecció del moviment de vehicles s'utilitzen sensors de presència, ubicats a zones concretes del pàrquing. Aquests realitzen els càlculs necessaris per dur-ne el recompte i mostrar-lo per les pantalles. L'intercanvi de dades es duu a terme a través de la xarxa wifi on s'estigui connectat. I a la pantalla d'entrada es mostrarà un comput global de les places lliures totals en aquell instant concret.

**Paraules clau**– control automàtic, gestor de places de pàrquing, microcontrolador, Arduino UNO, Arduino Yún, sensors de presència.

**Abstract**– The Engineering School has a private parking lot for the professors, where the number of free parking spots are not known. Because of that, we are proposed to automatically control the free parking spot availability. A system that provides a solution in a more comfortable way and from the outside. This tool will gives us the choice whether to access the parking lot or not, and where to park when we are inside. Showing us real time information through different displays located in each parking area. The management will be done from presence sensors located in specific parking areas. This sensors will make the necessary calculations to make a count and show it in to the displays. The management will be done from the wifi network where it is connected. The entrance display will show the total amount of free parking spots that are available in that particular moment. -

**Keywords**– Automatic control, Free parking spot manager, Microcontroller, Arduino UNO, Arduino Yún, presence sensors.



## 1 INTRODUCCIÓ

EN aquest document, pretén detallar-se el procés i els passos seguits en la realització d'un sistema de control automàtic de disponibilitat de places a un pàrquing. Així com l'implementació en una maqueta esca-lable a les mides reals del pàrquing en qüestió. A dia d'avui, la tecnologia avança a passos gegants i el món del IoT[1], smart cities, els sensors[2], la domòtica[3] i l' automatitza-ció dels objectes quotidians és tota una realitat. L'extreure'n dades a temps real per tractar-les i d'aquesta manera, faci-litar la vida de les persones és quelcom molt motivant i útil. Ajudant-nos de la tecnologia actual i els sensors ubicats al

nostre entorn, se'ns presenta l'opció de facilitar la presa de decisions a partir del coneixement que aquests ens oferei-xen. Actualment, els sistemes que s'implementen es doten d'un excés de sensors i plaques per dur a terme una funció de control del conjunt del pàrquing. Exemples com els que es poden veure als centres comercials, equipen cada plaça amb un sensor de presència per determinar si aquella està lliure o no. El que aquí es proposa és un sistema alternatiu; on a partir de menys sensors, es determina la quantitat de places disponibles en una zona concreta del pàrquing. Reduint així, els costos de forma notable. Al final, al client no li sap greu trobar la plaça lliure per si mateix un cop ha ac-cedit a una zona on sap que n'hi ha. Sinó accedir-hi i haver de donar mitja volta o recular perquè allà no n'hi ha cap. És cert que amb els sensors i leds ubicats a cada plaça, gua-nyes uns segons per trobar la plaça lliure concreta, però el sobreco-st d'implementació que això implica, no compensa. D'altra banda, a nivell pressupostari i en termes de marge de benefici, ubicar tanta quantitat de sensors, plaques i leds, no et permet proposar un pressupost relativament baix i alhora,

- E-mail de contacte: daviiid87@gmail.com
- Menció realitzada: Enginyeria de Computadors
- Treball tutoritzat per: Marta Prim (Departament de Microeletrònica i Sistemes Electrònics)
- Curs 2016/17

amb un marge de guanys tant alt.

Les diferents etapes que aquí s'exposen, van des d'un estudi del mercat actual, l'elecció dels components, el disseny real del sistema, els càlculs necessaris per tal que el funcionament sigui correcte, els temps emprats per a l'implementació (adjunt a l'apartat d'annexos), el cost del projecte i finalment, una evaluació dels resultats obtinguts i unes conclusions finals.

## 2 DESCRIPCIÓ DEL TREBALL

En aquest cas, ens centrarem en el pàrquing de l'Escola d'Enginyeria. Però el sistema és extrapolable a qualsevol altre ubicació similar: El que farem es controlar a través de diferents sensors ultrasònics, la disponibilitat exacta d'un conjunt de places d'aparcament. En aquest cas, ens centrarem en controlar dues zones d'aparcament (zona A i zona B). El nombre de places lliures de cada zona s'indicarà a través de tres pantalles que ajudaran als conductors, a veure-ho des d'una distància suficient com per saber si cal o no, entrar al pàrquing o a la zona concreta. Per realitzar això utilitzarem 2 sensors ubicats a l'entrada de cada zona i 2 sensors més a l'entrada del recinte. Aquests, estaran separats per una distància de 5 metres que ens permeti saber si un cotxe va en sentit d'entrada o sortida de les zones de control.

A grans trets, si ubiquem un sensor 'A' prop de l'entrada i un sensor 'B' a una certa distància; sabem que si la seqüència d'activació dels sensors és 'A-B', voldrà dir que el vehicle està accedint al pàrquing (en aquest cas restarem una plaça lliure a les places totals) i viceversa Fig.1.

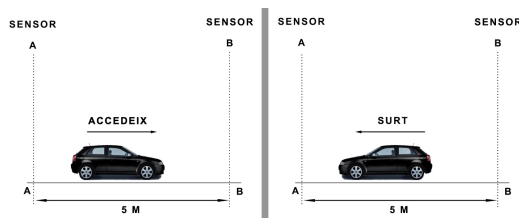


Fig. 1: Sentit del vehicle

Per tant, a través d'un sistema de comptabilització de les places reals i les disponibles en aquell instant, podrem saber de quantes places lliures disposem per poder-les mostrar a través de les pantalles. Tot això es realitzarà a partir de dues zones controlades amb dos Arduino UNO, els respectius dos sensors i un mòdul que proporcioni connectivitat a la xarxa wifi. Aquests, allotjaran la disponibilitat de cada zona en aquell instant a un servidor web i també mostraran la seva disponibilitat segons la zona a través de la seva pantalla.

Per la seva banda, l'Arduino Yún (realitzant la funció de màster) es connectarà a cada un dels servidors creats per cada Arduino UNO, cada pocs segons. Per tal d'obtenir-ne les dades. Aquestes seran tractades de manera que es faci un còmput global del pàrquing, es compari amb el recompte que han obtingut els seus propis sensors i finalment, es mostri per la pantalla d'entrada amb les places totals disponibles.

## 3 OBJECTIUS

Per tal de donar-li un valor al nostre projecte, ens plantejem uns objectius els quals millorin l'estat actual del pàrquing, així com també millorin altres sistemes de control de places ja existents al mercat:

1. Donar coneixement als conductors de l'estat actual del recinte.
2. Un cop el vehicle sigui dins, dirigir-se cap a una zona en concret on hi hagi places lliures. Sense haver de buscar-la físicament.
3. Reduir els costos dels sistemes existents. Permetent doncs, un marge de benefici major i un pressupost menor.
4. Obtenir un aprenentatge i una visió global del que és un sistema de control i de com implementar-lo.
5. Proposar noves alternatives més simplifiades i igualment eficients, al control de places d'un pàrquing.
6. Acabar el projecte abans del mes de Febrer.

## 4 ESTAT DE L'ART I TECNOLOGIES IMPLICADES

Actualment, existeixen molts tipus de sensors. El sistema aquí presentat es pot realitzar amb diferents tipus de sensors de proximitat i presència. Els més comuns són els sensors magnètics[4]. També és comú que els vehicles o les vies de conducció es dotin de sensors d'infraroig[5], [6], [7], però això s'utilitza principalment per a detectar vianants. En el cas dels sensors magnètics, el cost és més elevat que un sensor d'ultrasons. Pel tipus de projecte que aquí es presenta, els sensors d'ultrasons són els més utilitzats. L'elecció d'aquest mètode permet evitar molts falsos positius respecte als sensors d'infraroigs, ja que aquests, es poden activar quan una persona o un animal passi per davant dels sensors.

Tenint en compte això, malgrat que la decisió en primera instància va ser la d'utilitzar sensors magnètics, el cost dels sensors ho dificultava. Per tant, ja que l'objectiu principal és el de reduir els costos i mantenir l'eficiència en el funcionament, ens hem decantat per uns sensors d'ultrasonics: senzills, econòmics i fàcils d'implementar.

Aquest tipus de sensor[8] està format per dos transductors diferents; un micròfon i un altaveu. A través de l'emissió d'un pols ultrasònic i el temps retorn d'aquest, realitzarem un càlcul que ens permeti saber la distància dels cos que s'hi interposa.

D'altra banda, generalment a nivell industrial se sol centralitzar la caixa de control en un mateix punt. En una ubicació concreta s'hi col·loquen els microcontroladors amb les seves respectives connexions i des d'allà, s'extén el cablejat fins a les zones determinades on s'hi ubiquen els sensors. Això ajuda a l'hora de realitzar comprovacions i reparacions: únicament haurem de desplaçar-nos fins les zones controlades pels sensors si es diagnostica que el problema és allà on rau. Si pel contrari, el problema es troba al connexionat de la placa, des de la caixa de control, es pot realitzar les comprovacions necessàries de forma més còmode.

És així doncs, com hem decidit realitzar el connexionat del nostre projecte. Com comentarem a l'apartat 6.3.

Per últim, i seguint amb la voluntat de reduir costos, la tipologia més comú de projectes similars implementa parelles de leds, sensors i plaques a cada una de les places d'aparcament. Però de nou, augmenta molt els costos de producció. És per aquest motiu, que hem decidit realitzar el control de les places lliures, a partir de dividir el pàrquing en dues zones diferents. Ampliables -seguint el mateix patró -a tantes zones com es vulgui. No es fa una menció especial als microcontroladors, ja que n'hi ha de molts tipus, tamanyes de memòria i preus, segons el tamany i complexitat del projecte.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Components

Per realitzar aquest projecte utilitzarem un conjunt d'elements físics, com són els sensors, mòduls de connectivitat a la xarxa, pantalles i plaques. Tres elements software de gestió per poder controlar l'accés i sortida dels vehicles i la comunicació entre plaques.

A continuació es detallen els elements hardware que utilitzarem:

- Tres parelles de sensors d'ultrasons HC-SR04 [4] que comprovaran el pas dels vehicles a través d'ells. Cada una de les parelles anirà connectada a cada un dels Arduinos.

Aquests funcionen de la següent manera:

L'element està format per dos transductors diferents; un micròfon i un altaveu: el micròfon emet un pols ultrasònic de baixa freqüència (imperceptible per l'oïda d'un humà), i aquest, rebota contra el primer cos sòlid que s'hi interposa. Aquesta ona d'ultrasons retorna fins al sensor i l'altaveu el capta. A través d'un càlcul senzill que es mostrarà a l'apartat 5.3 es transforma el temps de retorn de la senyal, en una distància discreta. A partir d'aquesta distància ja calculada, la durada en flang 'l' i el temps d'activació del segon sensor, es podrà determinar si el cos que ha creuat per davant el sensor, és un vehicle o una persona. A continuació es mostra el sensor escollit la Fig.2:



Fig. 2: Sensor HC-SR04

- També utilitzarem dues plaques Arduino UNO [9] com es veu a la fig. 3. Aquest actuaran com a servidors amb l'ajuda dels mòduls ESP8266. Duran el control de les zones A i B d'aparcament on són els sensors. Alhora mostraran la informació de la disponibilitat de cada zona a través de dues pantalles LCD.

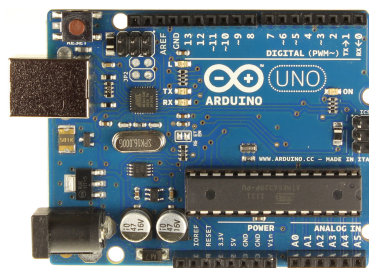


Fig. 3: Arduino UNO

- Com a suport als Arduino UNO, utilitzarem mòduls ESP8266 [10] com es veu a la Fig.4, que proveiran de connectivitat a les dues plaques. Per tal que aquests creïn un servidor on hi allotjin l'estat de la zona en temps real. El mòdul funciona amb comandes AT. Aquest tipus de comandes les veurem a l'apartat A.2 de l'annex. On es mostra la seqüència de configuració i creació del servidor a través del mòdul.



Fig. 4: Mòdul wifi ESP8266

- Un microcontrolador Arduino YÚN[11], Fig.5, realitzarà el paper principal. Aquest actuarà com a màster (en termes de control global). Connectant-se als servidors de cada zona, en llegirà les dades i les compararà amb les dades obtingudes des dels seus sensors, ubicats a l'entrada del recinte. En farà un comput total i mostrarà la disponibilitat total del pàrquing a través de la seva pantalla. Aquesta placa ja incorpora un mòdul wifi integrat per connectar-se a la xarxa (aquest s'haurà de configurar prèviament, com es veurà a l'annex A.2. Per tant, no li cal afegir un mòdul ESP8266.

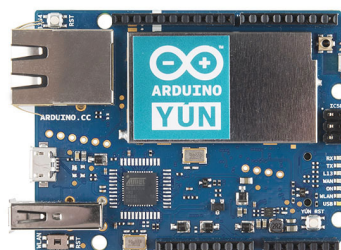


Fig. 5: Arduino YÚN

- Disposarem de tres Pantalles LCD 16x2 com les de la

Fig.6. S'utilitzaran per mostrar als conductors l'estat de cada zona i l'estat total del recinte; en temps real.

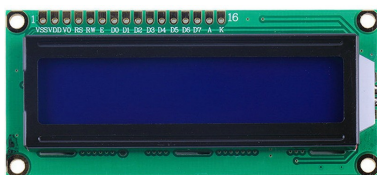


Fig. 6: Pantalla LCD

I com a elements software hi ha tres programes bastant similars per a la gestió dels sensors i les pantalles. Diferencien però, en el cas dels gestors de les zones A i B, que aquests a més, crearan un servidor i hi allotjaran les dades. En el cas del màster; hi accedirà per comprovar-ne l'estat de cada una, comparar-les i fer-ne un còmput global. (Tots els codis són adjunts al dossier).

## 5.2 Material necessari

A continuació, a la Taula 1 es mostra el pressupost invertit en el sistema. Tant en components del circuit, com en els materials emprats per a la realització de la maqueta.

TAULA 1: COSTOS DEL MATERIAL.

Taula de costos		
Producte	Preu per unitat	Total
HC-SR04	6,96 €	(x6) 41,76 €
ESP8266 Serial Wifi	5,98 €	(x2) 11,96 €
Arduino Yún	75,02 €	(x1) 75,02 €
Arduino UNO R3	17,00 €	(x2) 34,00 €
Display LCD 16x2	16,99 €	(x3) 51,00 €
Protoboard + Cables	18,51 €	(x2) 12,50 €
Alimentador 3-12V 1000MA	6,50 €	(x2) 13,00 €
Porexpan	2,50 €	(x5) 11,96 €
Pintura	3,00 €	(x2) 6,00 €
Rodet per pintar	1,50 €	(x1) 1,50 €
	<b>TOTAL</b>	<b>258,70 €</b>

## 5.3 Càlculs

A continuació es detallaran els càlculs necessaris per tal de controlar correctament el funcionament del sistema: sense un control adequat de les distàncies, velocitats i longituds, és impossible controlar el pas dels vehicles a través dels sensors, així com poder discriminar les persones dels cotxes al creuar.

La cinemàtica es defineix com l'estudi de la mecànica que s'ocupa del moviment sense tenir-ne en compte les causes. D'aquesta disciplina n'obtenim l'equació de la velocitat mitjana:

$$Velocitat = \frac{Distància}{Temps}$$

on *Distància* es medeix en metres i el *Temps* en segons. Si transformem aquesta equació, per adaptar-la al nostre sistema, obtenim que la *velocitat* és l'equivalent a:

$$Distància = Velocitat * Temps$$

on *Velocitat* i *Temps* han d'estar en la mateixa escala (m/s).

Si desenvolupem la nostra equació; tenint en compte que les ones amb les que treballarem són acústiques, treballarem amb la *Velocitat del so*. La qual es defineix amb la següent equació:

$$Velocitat \text{ del so} = 340 \text{ m/s}$$

$$= 0,03448 \text{ cm}/\mu\text{s}$$

$$= \left(\frac{1}{29}\right) \text{ cm}/\mu\text{s}$$

Finalment obtenim l'equació següent, d'on extraurem la distància a la que es troba el cos que s'interposa el sensor, segons la duració del pols que ens arribi a l'altaveu.

$$Distància = \frac{1}{2} \left( \frac{\text{pols}}{29} \right)$$

Dividirem la duració del pols entre dos, degut a que aquest va i torna, és a dir, que l'ona d'ultrasò viatja d'anada fins a topar amb un cos i després retorna fins al sensor. Després dividim entre 29, per canviar l'escala de la velocitat del so (m/s), a (cm/ $\mu$ s). D'aquesta manera, controlarem la distància a la qual passa el cotxe de forma acurada.

Un altre punt important en el funcionament del sistema, és càlcul de falsos positius. En aquest cas, hem de tenir en compte els següents casos:

a) És una persona qui creua el sensor i no un cotxe.

En aquest cas; per poder diferenciar el que és una persona, del que és un cotxe, cal tenir en compte el següent:

- El temps que tindrem el flang d'activació del sensor a '1'.
- El temps que transcorre, des de que s'activa el sensor 'A', fins que ho fa el 'B'.

b) S'estan realitzant maniobres d'aparcament i s'activa un sensor.

En aquest segon cas; per diferenciar el que és una maniobra d'aparcament, respecte del que és la circulació per dins el recinte d'un vehicle; tindrem en compte el següent:

- El temps que transcorre, des de que s'activa el sensor 'A', fins que ho fa el 'B'.

Com s'observa, amb un control correcte de la **duració dels flangs** i del **temps d'activació** entre els diferents sensors, es pot controlar correctament el funcionament del sistema.

En el cas a):

- La longitud d'un cotxe ens servirà com a dada diferencial, ja que el vehicle mantindrà en actiu el sensor, bastant més temps que una persona. Per fer això ens servirem de les següents dades obtingudes:

- Longitud mitja d'un cotxe: **4-5 metres** [12] [13]
- Velocitat màxima permesa dins un pàrquing: 10km/h = **2,77m/s** [14]
- Longitud mitja d'una persona (de perfil): **0,5 metres**

- Velocitat mitja d'una persona al caminar: 4-5km/h = **1,1-1,4m/s** [17]

Amb aquestes dades podem obtenir un valor aproximat del temps que es mantindrà el sensor en flang '1', segons els diferents casos. Així com fer una estimació de, cada quant temps hem de fer un pols per dur el control dels flangs. Les dades s'expressen a la Taula 2:

TAULA 2: INTERVAL ADEQUAT D'UN POLS.

Estimació: Cada quant temps fer un pols?		
Cos	Opcions	Temps del sensor en flang '1'
Cotxe	4m a 2,77m/s	1,44 seg
	5m a 2,77m/s	1,80 seg
Persona	0,5 m a 1,1m/s	0,45 seg
	0,5 m a 1,4m/s	0,35 seg
	<b>un pols cada</b>	<b>200 ms</b>

Si realitzem un pols cada 0,2 segons, podem obtenir fins a 10 mostres representatives dels valors de resposta del sensor; dins un període de gairebé 2 segons que tardarà com a màxim el cotxe en creuar el sensor. Això ens permetrà jugar amb la diferència de temps en actiu del sensor, segons quin cos s'hi interposi. Vegem la Taula 3 a continuació:

TAULA 3: RESPOSTA DEL SENSOR A CADA FLANG

Resposta del sensor cada 200 ms		
	màx 10km/h	màx 4km/h
	Cotxe	Persona
0,0	'0'	'0'
0,2	'1'	'1'
0,4	'1'	'1'
0,6	'1'	'1'
0,8	'1'	'0'
1,0	'1'	'0'
1,2	'1'	'0'
1,4	'1'	'0'
1,6	'1'	'0'
1,8	'1'	'0'
2,0	'1'	'0'
<b>'1'negreta:</b> marge de 0,2 seg de seguretat		

De la taula (3) n'obtenim un rang, de fins a 7 flangs de marge per tal de diferenciar el que serà una persona, del que serà un cotxe. Per tant, si dissenyem un comptador que s'incrementi a cada resposta amb valor '1'; a partir del 4t 'clock' amb valor '1', sabrem que aquell cos és un cotxe. Això ja ens haurà solventat el primer problema de fals positiu.

En el cas b):

Si se'ns activa el primer sensor el temps necessari per tal de certificar que és un cotxe, caldrà avaluar el temps que es tardarà com a mínim, en activar el segon sensor des de que aquest primer s'ha desactivat. Si és un temps vora a 1 segon, (cal recordar que el cotxe ja ha sobrepassat tot el primer sensor); corroborarem que no està fent maniobres, sinó que

està en circulació. Per fer aquest càlcul, ens basarem en la taula (4) i els càlculs següents:

- Longitud mitja d'un cotxe: **4-5 metres**
- Velocitat màxima permesa dins un pàrquing: 10km/h = **2,77m/s**
- Distància entre els sensors: **5 metres**

TAULA 4: TEMPS EN RECÒRRER LA DISTÀNCIA ENTRE SENSORS.

Cos	Opcions	Temps (segons llarg)
Cotxe	4m a 2,77m/s	0,36 seg (aprox. <b>0,6 seg</b> )
	5m a 2,77m/s	0 seg (aprox. <b>0,4 seg</b> )
	<b>temps aproximat</b>	0,6 seg aprox. <b>0,8 seg</b>
<b>negreta:</b> marge afegit de 0,2 seg de seguretat		

De la taula anterior cal remarcar que si un vehicle medeix 5 metres, una vegada hagi superat el primer sensor i rebem un flang amb valor '0', la part davantera del vehicle ja estarà gairebé segur activant el segon sensor. Assumim doncs, que el temps d'activació entre un sensor i l'altre en el cas d'un vehicle de 5 metres, serà pràcticament 0. Per tant, tenint en compte que la longitud mitja serà d'un 4,5 metres i aquest, tardarà 0,4 segons, si li afegim un marge de seguretat de 0,2 segons més, haurà de ser aproximadament de 0,6 segons. Aquesta premisa ens permet donar un **valor màxim d'un 1 segon** de temps entre que es desactiva el primer sensor i s'activa el segon. Afegint gairebé el doble de temps del que realment caldria en el cas més lent, com a nou marge de seguretat.

S'ha obviat el càlcul del que tarda una persona en recórrer els 5 metres, degut a que és impossible que tardi menys d'un segon.

D'altra banda, hi ha altres situacions problemàtiques a valorar. Com serien c) que se'n vagi la llum i hi hagi vehicles dins el recinte. Caldrà doncs guardar l'estat previ al tall de llum i carregar-lo des de la memòria. Per tant, òbviament caldrà guardar-lo a cada modificació de l'estat i iniciar el sistema, llegint des de memòria. També cal tenir en compte la situació d) en que mentre el master es connecta als servidors de cada una de les zones, no accedeixi cap vehicle al pàrquing. Això faria desquadrar el recompte a l'accés del pàrquing. Ho solventarem a partir de comunicar als conductors des de la pantalla d'entrada, que romanguin a l'espera durant uns moments (menys d'un minut). Ambdós casos es detallen a l'apartat d'annexos ( A.1 i A.1 respectivament).

## 6 IMPLEMENTACIÓ

Per realitzar el sistema, s'ha hagut de realitzar un estudi previ de com es comporta cada component dins el sistema, com integrar-los, connectar-los i distribuir-los dins el pàrquing. És en aquest bloc on veurem la interacció dels components i el connexionat.



## 6.1 Distribució física

Vegem doncs a continuació la Fig.7, un plànol físic de la part significativa del pàrquing que es controlarà. Amb la distribució dels components on s'ubicaran.

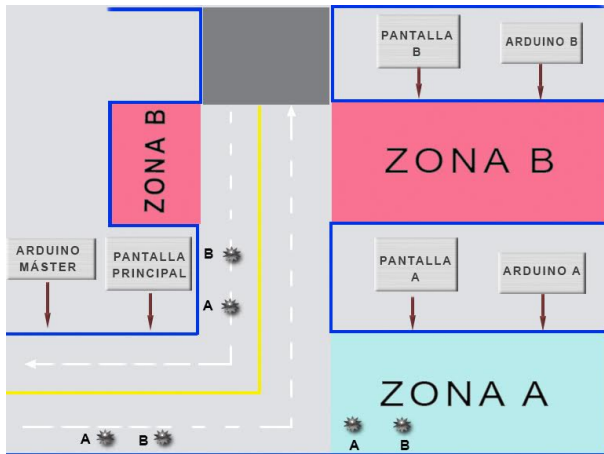


Fig. 7: Plànol del pàrquing

## 6.2 Diagrama de blocs

Per entendre el funcionament del sistema, a continuació a la Fig. 8, es presenta el diagrama de blocs que ens mostra l'interacció entre els components que integren el projecte.

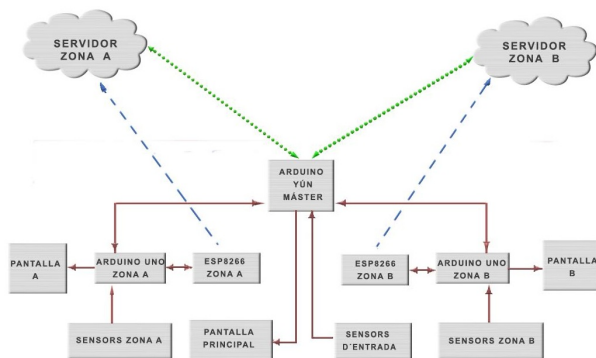


Fig. 8: Diagrama de blocs del sistema

## 6.3 Connexionat del circuit

Per últim, podem veure el connexionat necessari per tal que cada component es comuniqui amb l'Arduino pertinent.

A continuació Figura (9) es mostra el connexionat dels Arduino UNO. En totes dues zones, la connexió és la mateixa.

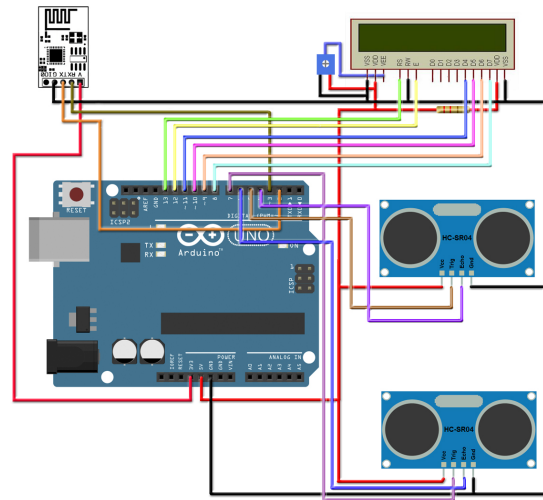


Fig. 9: Connexionat de l'Arduino UNO

Com es pot comprovar, en el cas dels Arduinos UNO, estan tots els pins digitals ocupats. Això impossibilita l'opció d'encendre un led indicatiu del funcionament. El connexionat de l'Arduino YÚN difereix en que no li cal el mòdul ESP8266. Ja que disposa d'un mòdul wifi incorporat; com es pot veure a la Fig.10.

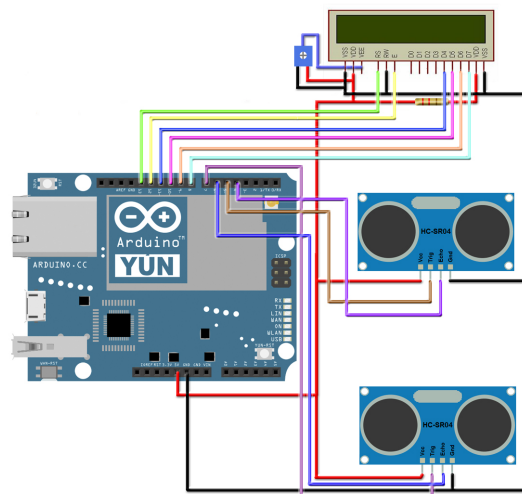


Fig. 10: Connexionat de l'Arduino YÚN

## 7 TESTS I RESULTATS

Els resultats que s'han obtingut són molt satisfactoris amb un funcionament bastant exacte. Malgrat és cert, que degut a alguns problemes de versions antiquades dels firmware -com és el cas dels mòduls ESP8266-, dificulta la connexió a xarxes on no hi ha una seguretat habilitada amb contrassenya, les proves realitzades a una xarxa amb SSID + 'password' funcionen perfectament. Duent el control exhaustiu de les places lliures i ocupades de cada zona.

A nivell de connectivitat, en una escala com és la de la maqueta, on tots els components estan junts, sorgeix un problema d'interferències dels dos mòduls ESP8266. Ja que tots dos emeten en la mateixa freqüència. Això fa que a vegades algun dels servidors caigui. De cara a la imple-

mentació al pàrquing, no hi haurà tal problema, si s'extén el cablejat i es porta el mòdul fins a la zona dels sensors. O si, es compren mòduls de versions posteriors o plaques que ja integren el mòdul a la placa.

Els controls de seguretat, com serien els possibles falsos positius, l'emmagatzematge de l'estat i el temps d'espera en la sincronització del màster amb els servidors, es duu a terme tal i com esperavem des d'un principi. Els sensors funcionen de la forma esperada i les plaques es comuniquen amb prou fluïdesa -uns 30 segons d'espera-.

A continuació podem veure unes imatges de la maqueta realitzada Fig.11, Fig.12 i Fig.13:

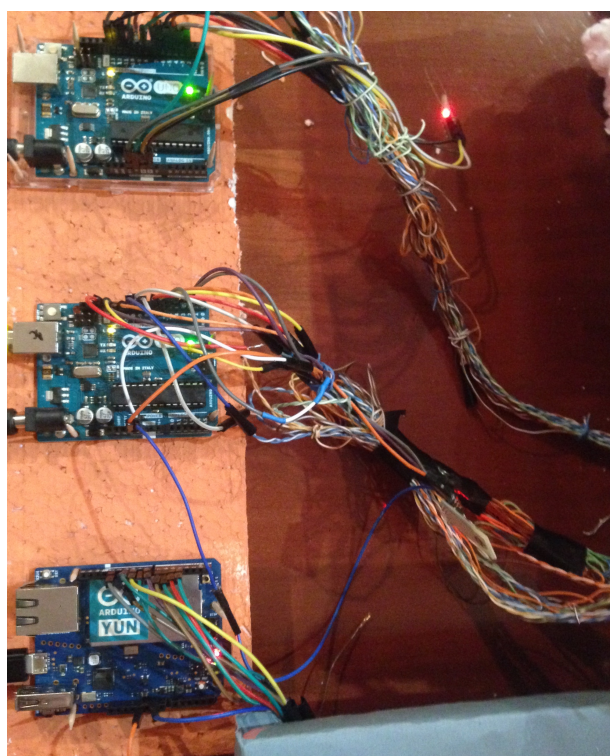


Fig. 11: Zona de control.

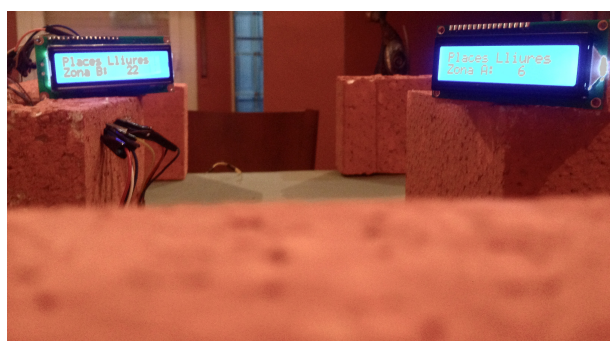


Fig. 12: Perspectiva des de l'interior.

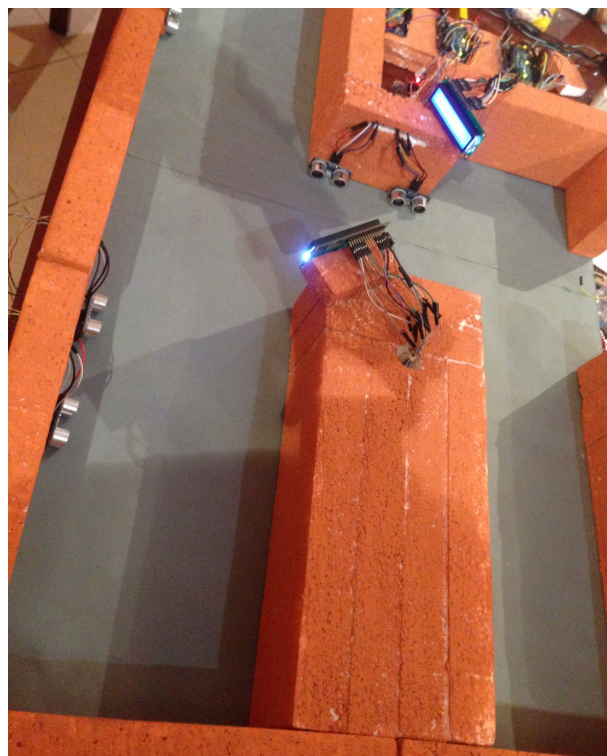


Fig. 13: Vista des de dalt.

## 8 CONCLUSIONS

Per tal de fer una avaluació adequada i exhaustiva, el més adequat és començar comprovant si s'han conseguit els objectius marcats inicialment:

- *Donar coneixement als conductors de l'estat actual del recinte.*
- *Un cop el vehicle sigui dins, dirigir-se cap a una zona en concret on hi hagi places lliures. Sense haver de buscar-la físicament.*
- *Reduir els costos dels sistemes existents. Permetent doncs, un marge de benefici major i un pressupost menor.*
- *Acabar el projecte abans del mes de Febrer.*  
-Els 4 punts anteriors es poden considerar com a complets, ja que el funcionament del sistema respon a l'esperat inicialment i s'ha entregat dins el plaç pactat.
- *Obtenir un aprenentatge i una visió global del que és un sistema de control i de com implementar-lo.*  
-Tenint en compte que s'ha realitzat el projecte seguint unes etapes molt marcades i que s'ha hagut d'implementar de principi a final; creant dissenys, diagrames, connexionat, muntatge de la maqueta, etc. podem assumir que aquest objectiu també s'ha assolit.
- *Proposar noves alternatives més simplifiades i igualment eficients, al control de places d'un pàrquing*

Per últim, després de comprovar que el funcionament és efectiu, senzill i més econòmic, podem corroborar que existeixen vies alternatives d'implementació,

de sistemes de control de places. Constatant doncs, la premisa que "no calen tants sensors i plaques per crear un sistema funcional".

A nivell personal, al realitzar aquest projecte he après moltes coses noves:

El funcionament de les plaques Arduino i les seves llibreries, el funcionament dels sensors HC-SR04, les comandes de control AT per als mòduls ESP8266 -configurar, crear servidors, enviar i rebre dades-, comunicar-me per consola sèrie amb les plaques i els diferents mòduls, a pelar cables, a soldar i a realitzar un projecte de principi a final, passant per totes les etapes. Ajudant-me doncs a organitzar-me.

Malgrat la gran diversitat de problemàtiques afrontades, la lectura que se'n fa és molt positiva. Donat que en la primera reunió davant el professor, es van admetre molts dubtes i dificultats a l'hora de com plantejar el sistema de control, poc a poc ha anat prenent forma i funcionant de la manera esperada. D'altra banda, el fet d'haver de solucionar dificultats trobades al llarg del projecte, obliga a trobar alternatives viables per tal de seguir endavant amb el projecte. Així com a reorganitzar-se; i això, ajuda profundament a l'aprenentatge de resolució de problemes que el dia de demà, en la implementació de projectes reals, davant un client real, sorgiran sempre.

Per últim i com a línies futures, ens plantegem realitzar una aplicació web de caire informatiu. Utilitzant paràmetres de connectivitat a Internet i no a una xarxa local, contractant serveis de servidor i allotjant-hi l'app allà. Això ens permetrà anar perfeccionant el sistema. Així com la implementació amb nous mètodes, altres plaques i emprant llibreries més adequades per l'optimització del sistema. Una línia futura que també es té en compte, és la d'utilitzar threads al màster. Per tal de no haver de fer esperar al conductor mentre l'Arduino es connecta als diferents servidors. És a dir, poder dur el control d'accés, mentre alhora, es consulten els servidors.

## 9 PROBLEMES, SOLUCIONS I CANVIS RESPECTE LA PLANIFICACIÓ

Des de bon principi ens vam trobar amb diferents problemàtiques que es van haver d'afrontar de manera que el projecte pogués seguir endavant i prenguéssin forma:

-El primer problema va ser el cost dels sensors magnètics. Degut al seu cost es van haver de descartar i optar per una altra opció. En aquest cas, era un tema crític, ja que sense un sensor adequat, el sistema no se sostindria. Per tal de resoldre el problema es va realitzar un nou estudi de camp i es va acabar optant per els sensors d'ultrasons per la seva facilitat d'implementació, la seva amplia informació de suport a la xarxa i finalment per el seu baix cost.

-Inicialment, es va fer una compra de 3 Arduino UNO WIFI, però a l'hora de realitzar les connexions inalàmbriques i l'enviament de dades entre els diferents Arduinos, ens vam trobar que aquestes plaques tenen les llibreries a mig implementar, degut a l'escissió de la companyia en les seves dues seves principals (EUA i Itàlia). I la pressa per voler llançar al mercat un dispositiu que fes la competència al seu homòleg amb el YÚN. Un cop analitzada la problemàtica de les llibreries necessàries per implementar el projecte, ens vam veure en la situació de canviar de

plà i buscar alternatives. Finalment ens vam decantar per la compra de 3 Arduino UNO + 3 mòduls wifi ESP8266.

-Un cop solventat el problema de les plaques i per tal de recuperar el temps perdut, es va realitzar la compra dels mòduls ESP8266 en una botiga física on només disposaven de la versió 1.0. Aquesta només suporta les comandes AT degut a la seva versió antiga del firmware i no permetia crear un sistema de connexió de forma prou eficient. Per tant, se'ns plantejava un nou problema... Per tal de sortir del pas i amb l'ajuda inestimable de la meua tutora Marta, es va provar l'alternativa d'utilitzar un Arduino YÚN com a Màster. Aquest ja té les llibreries complertes i explota al màxim el tema de la connectivitat en xarxa i les connexions punt a punt. D'aquesta manera s'ha aconseguit la comunicació entre els Slaves i el Màster, de manera que el sistema, pugui de nou, realitzar-se de forma correcta.

-El problema que se'ns planteja com a futurible és, la idea inicial de realitzar una webapp on s'hi pugui comprovar l'estat del pàrquing des de fora de la xarxa de la UAB. Per l'estudi realitzat fins a dia d'avui, sembla ser que el firmware 1.0 del mòdul ESP8266, no és compatible amb aquest opció. A més, els problemes inesperats que s'han hagut d'afrontar a l'hora de realitzar el projecte, han fet mermar notablement el temps que resta per a l'entrega del projecte. Impedint la implementació de la app-web que estava inicialment planificada A.3.

## AGRAÏMENTS

Els meus principals agraïments van destinats al meu pare: sense la seva paciència, els consells, la seva ajuda a nivell tècnic, la seva inversió econòmica, mental i física, no hagués estat possible la consecució del projecte. Per descomptat, agrair a la meua tutora els consells, el servir-me com a guia per anar avançant i l'atenció prestada a tots els nivells: tècnic, logístic i de materials. Per últim, agrair a la meua mare, els amics i companys que s'han prestat a aconsellar-me i a animar-me en els moments de dificultats que s'han travessat al llarg del projecte.

## 10 BIBLIOGRAFIA

### REFERÈNCIES

- [1] IoT,"Definició del concepte. Consultat per Internet el Setembre del 2016 [www.es.wikipedia.org/wiki/Internet\\_de\\_las\\_cosas](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas)
- [2] "Sensor,"Definició del concepte. Consultat per Internet el Setembre del 2016 [www.es.wikipedia.org/wiki/Sensor](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Sensor)
- [3] "Domótica,"Definició del concepte. Consultat per Internet el Setembre del 2016 [www.es.wikipedia.org/wiki/Domotica](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Domotica)
- [4] "Sensor magnètic,"Definició del concepte. Consultat per Internet el Setembre del 2016 [www.es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_magnetico](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Sensor_magnetico)
- [5] "Domótica,"Definició del concepte. Consultat per Internet el Setembre del 2016 [www.eyaservicios.com/sensor](http://www.eyaservicios.com/sensor) — para —



*deteccion – de – vehiculos – smart – net/subseccion/7*

- [6] EYSA Estacionamientos y servicios, S.A.U, "Sensor para detección de vehículos (Smart net), Consultat per Internet el Setembre del 2016 [www.global.bannerengineering.com/es-MX/products/65/Sensors/281/Vehicle-Detection/195/M-Gage-Q7LMEB-Flat-Pak-Sensor/ui-tabs](http://www.global.bannerengineering.com/es-MX/products/65/Sensors/281/Vehicle-Detection/195/M-Gage-Q7LMEB-Flat-Pak-Sensor/ui-tabs) – 61
- [7] "BMW incorpora cámaras termográficas en sus coches, Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [www.flir.es/cs/display/?id=43749](http://www.flir.es/cs/display/?id=43749)
- [8] "Todo lo que tienes que saber sobre: HC-SR04 Sensor Ultrasónico," Consultat per Internet el setembre del 2016 [www.electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/](http://www.electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/)
- [9] Arduino Community "Arduino UNO,". Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno)
- [10] "ESP8266 Serial Wifi Module," ElecFreaks. Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=ESP8266\\_Serial\\_Wifi\\_Module](http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=ESP8266_Serial_Wifi_Module)
- [11] Arduino Community "Arduino UNO,". Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYunLin](http://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYunLin)
- [12] ¿Cuanto mide un coche, Consultat per Internet el Novembre del 2016 [www.cuantomideun.com/coche-normal/](http://www.cuantomideun.com/coche-normal/)
- [13] ¿Cuanto mide un coche, Consultat per Internet el Novembre del 2016 [www.bandaanacha.eu/foros/longitud-media-tienen-automoviles-1576149](http://www.bandaanacha.eu/foros/longitud-media-tienen-automoviles-1576149)
- [14] "Legislación vigente," Velocitat màxima dins un pàrquing Consultat per Internet el setembre del 2016 [www.legislacion.derecho.com/reglamento-15-enero-2009-ayuntamiento-del-campello-1559362](http://www.legislacion.derecho.com/reglamento-15-enero-2009-ayuntamiento-del-campello-1559362)
- [15] "video del funcionament del sistema ,LLink amb el video final. On es mostra el funcionament del sistema aqui presentat <https://youtu.be/5k5QyqlTA08>
- [16] "Hayes command set," Definició del concepte i mostra de les comandes AT. Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [en.wikipedia.org/wiki/Hayes\\_command\\_set](http://en.wikipedia.org/wiki/Hayes_command_set)
- [17] "Kilometres per hora," Definició del concepte i velocitats mitjanes. Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [www.es.wikipedia.org/wiki/Kilometro\\_por\\_hora](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Kilometro_por_hora)
- [18] Arduino Community "Arduino UNO,". Consultat per Internet l'Octubre del 2016 [www.arduino.cc/en/Tutorial/HelloWorld](http://www.arduino.cc/en/Tutorial/HelloWorld)

## ANNEXOS

En aquest apartat es mostra informació suplementària de funcionament i disseny. Així com el Diagrama de Gantt, els mètodes emprats per resoldre les problemàtiques de mantenir l'estat, el no permetre l'accés de cap vehicle mentre s'actualitza l'estat total i les comandes AT per configurar i crear el servidor que utilitzen els mòduls ESP8266:

### A.1 Gestió dels errors

#### Mantenir l'estat previ

Per poder mantenir l'estat del nostre sistema en cas que hi hagi una apagada general de llum, s'escriu la dada obtinguda a la memòria EEPROM de la que disposen les plaques. Com es pot comprovar al codi següent:

```
//Guardem les dades llegides a la memòria EEPROM per mantenir-ne
//l'estat en cas que se'n vagi la llum
// EEPROM(posicio de memoria, dada a guardar)
EEPROM.write(addr, zona1);
zona2= a();
EEPROM.write(addr+1, zona2);
```

#### Sincronització amb els servidors

Per tal de resoldre el problema que podria succeir mentre l'Arduino que desenvolupa el paper de màster es connecta als servidors per capturar les dades de cada zona, s'ha resolt a partir de demanar al conductor que s'espera un moment fins que s'acaba l'actualització. Comportant un temps aproximat d'espera, d'uns 30 segons. A continuació es mostra a la porció de codi que ho soluciona:

```
//netejem el display, ens ubiquem a la primera fila, primera columna i escrivim
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Places Lliures");
//ara ens ubiquem a la segona fila, primera columna i mostrem el valor total actual
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(pltotals);
delay(2000);
//demanem al conductor que s'espera un moment
// mentre s'executen les funcions d'actualitzacio
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("STOP");
zona1=runCurl();
//Guardem les dades llegides a la memòria EEPROM per mantenir-ne
//l'estat en cas que se'n vagi la llum
EEPROM.write(addr, zona1);
zona2= a();
EEPROM.write(addr+1, zona2);
//computem el nou total de places lliures, netejem la pantalla
pltotals=zona1+zona2;
lcd.clear();
//i mostrem per pantalla el missatge "ENDAVANT" durant 2 segons
lcd.print("ENDAVANT");
```

### A.2 Configuració del sistema

#### Configuració del mòdul ESP8266

A continuació es mostra el funcionament de les comandes AT [16] per configurar el dispositiu ESP8266 per crear un servidor i com connectar-lo a la xarxa. De la mateixa manera, es mostrarà en detall els passos per configurar l'Arduino YÚN a la xarxa wifi:

Implementem una funció SendData que contindrà 3 camps: comanda, milisegons d'espera, valor per debugar com es veu a continuació.

```
String sendData(String command, const int timeout, boolean debug)
{
    String response = "";

    esp8266.print(command); // Envia el caràcter llegit al mòdul ESP8266

    //millis retorna el temps que fa que s'executa el programa actual
    long int time = millis();

    //mentre aquest temps + el temps afegit com a paràmetre, sigui més gran que millis
    while( (time+timeout) > millis())
    {
        while(esp8266.available()) //si el mòdul està disponible
        {
            // Quan el modul retorni alguna resposta, mostrela per la consola sèrie
            char c = esp8266.read();
            response+=c;
        }
        // concatena els caràcters que vagis rebent i printa'ls per la consola sèrie.
        if(debug) //mentre el valor de debug sigui cert
        {
            Serial.print(response);
        }
    }
}
```

Amb aquesta funció ens comunicarem amb el nostre mòdul ESP8266. Utilitzant aquesta funció, enviarem les següents comandes AT cap al mòdul, per tal de configurarlo de la manera que desitgem:

```
// reinicialitza el mòdul
sendData("AT+RST\r\n", 5000, DEBUG);

// configura'l com a punt d'accés
sendData("AT+CWJAP=\r\n", 3000, DEBUG);

//connectat a aquesta xarxa, amb aquesta contrassenya
sendData("AT+CWJAP=\"MOVISTAR_C7A1\", \"Nm4sSuBFsFyUVc4SX57j\"\r\n", 10000, DEBUG);

// obté una ip i mostrela
sendData("AT+CIFSR\r\n", 3000, DEBUG);

// configura'n les connexions múltiples per tal que s'hi accepti'n connexions de clients
sendData("AT+CIPMUX=1\r\n", 1000, DEBUG);

// crea un webserver al port 80
sendData("AT+CIPSERVER=1,80\r\n", 1000, DEBUG);
```

Amb la funció sendData i un parell de comandes AT complementàries, es pot enviar dades al nostre servidor per a que s'hi allotjin allà i l'Arduino Master les pugui capturar (adjunt al dossier).

#### Arduino YÚN

Per tal de configurar el nostre Arduino YÚN a la nostra xarxa, haurem d'utilitzar el mòdul wifi que ja porta incorporat. Per tant, ho realitzarem de la següent manera [11]:

Carregarem el codi d'exemple de configuració a la nostra placa, com veiem a la Fig.1 i l'executarem amb el cable USB connectat. D'aquesta manera ens podrem comunicar per sèrie amb el nostre Arduino:

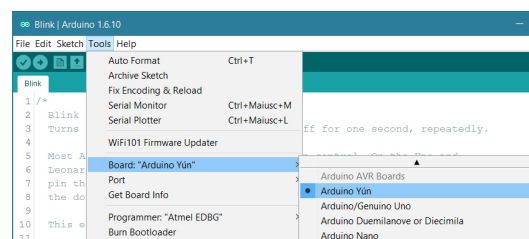


Fig. 1: Carregar el codi de configuració a la nostra placa

Una vegada carregat i executat, ens apareixerà un missatge com el de la Fig.2 per tal que canviem la contrassenya d'accés al portal, a través de la consola sèrie.

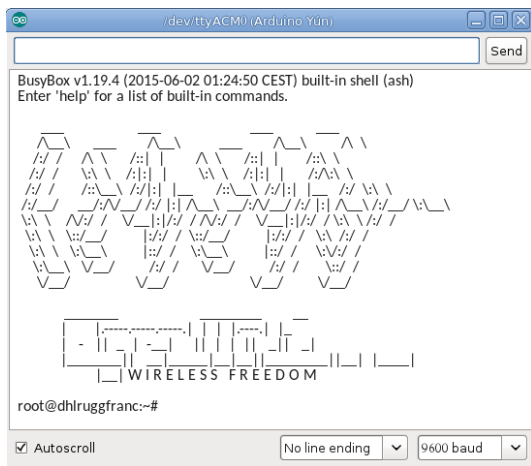


Fig. 2: Interfaç pel canvi de contrassenya del portal

Un cop realitzada aquesta acció, ja ens apareixerà la xarxa creada per l'Arduino, anomenada LLinino". Un cop connectats, accedirem al portal de configuració per tal de que es connecti a la nostra xarxa wifi, com es mostra a la Fig. 3:

En aquesta última etapa, escollirem la xarxa on volem connectar el nostre Arduino YÚN, posarem la contrassenya adequada i al acceptar, la placa es 'resseteja' i es connecta a la nova xarxa.

Ja tenim el nostre Arduin YÚN connectat a la nostra xarxa wifi.

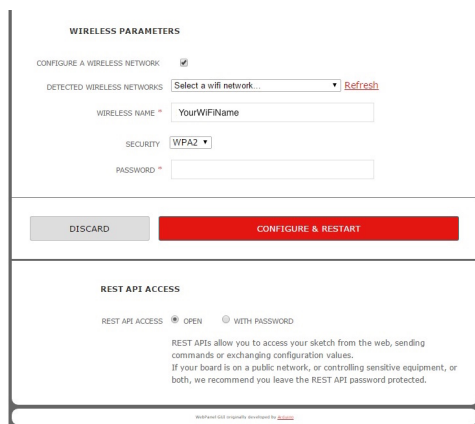


Fig. 3: Portal a través d'on ens connectarem a la nostra xarxa

### A.3 Planificació

Per últim, veurem les diferents etapes en les que s'ha dividit el projecte i la distribució de cada una en el temps a través d'un Diagrama de Gantt Fig.4:

6. funcionament de l'Arduino i els sensors.
7. Diagrames i esquemes necessaris per implementar el projecte.
8. Primeres proves dels sensors en un únic microcontrolador.
9. Creació del primer codi funcional en un dels microcontroladors secundaris.
10. Creació del codi per al segon MCU i primeres proves de comunicació.
11. Test i proves necessàries per comprovar-ne la correctesa en la comunicació.
12. Creació del codi del MCU principal.
13. Proves de comunicació a través dels diferents MCU.
14. Integració de tots els codis en el sistema final i proves pertinents.
15. Creació de la petita aplicació de consulta.
16. Creació de una maqueta simple on implementar el sistema.
17. Proves finals del funcionament del sistema.
18. Entrega del sistema definitiu al professor.
19. Preparació de la presentació i defensa del projecte.
20. Entrega de la documentació final.

Per tal de veure una planificació més ajustada a les setmanes, a continuació es presenta un diagrama de Gantt dividit entre les 20 setmanes (que corresponen des del 5 de setembre a la data de finalització, 22 de gener) i les 19 etapes o activitats anteriorment mencionades:

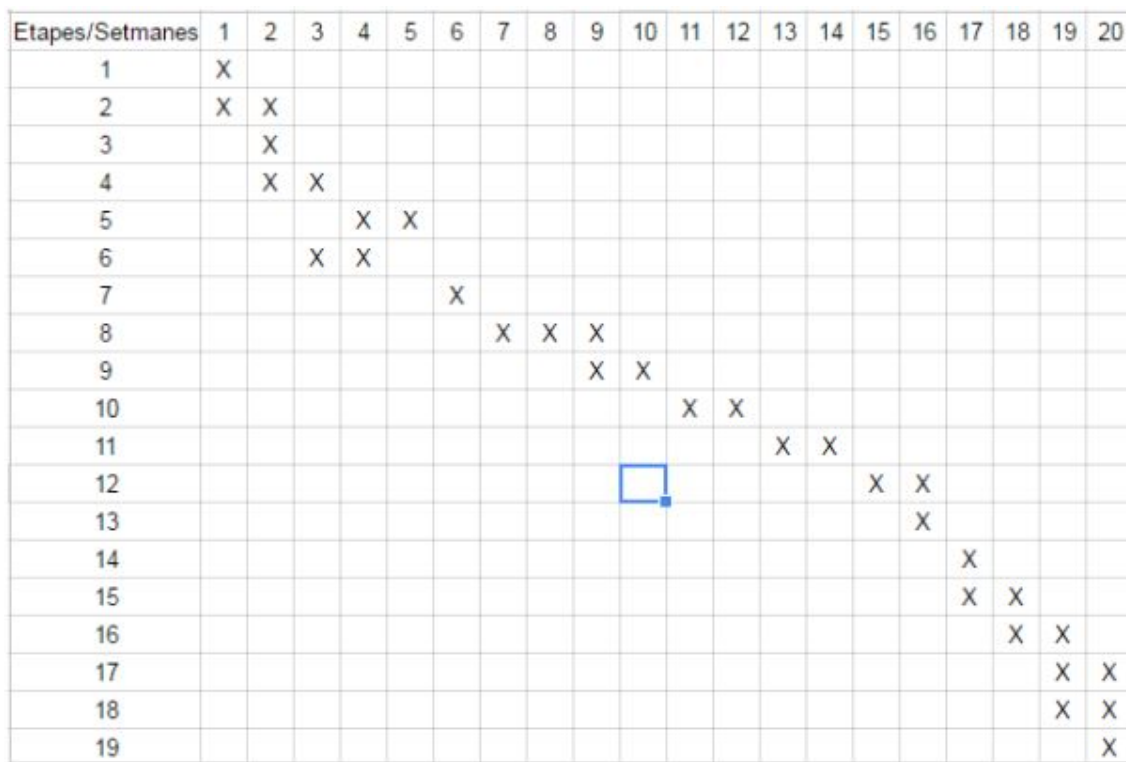


Fig. 4: Diagrama de Gantt